

EKOLOGIE MIKROORGANISMŮ

6

Interakce mezi mikroorganismy



Symbióza

- **Symbióza** (sym - „spolu“ a bios - „život“) - jakékoli úzké soužití dvou a více organismů...
- termín symbióza ve smyslu oboustranně výhodného soužití, ve skutečnosti veškeré modely soužití
- 1877 -botanik Albert Bernhard Frank označení koexistence různých organismů
- zahrnutý jak mutualistické, tak parazitické vztahy, včetně přechodů
- **symbiotická interakce** či **asociace** je velice častá
- evoluční význam - endosymbiotické teorie
- funkce symbiózy jsou rozličné, výměna organické a anorganické látky, ochrana či jiné služby
- na mezidruhové úrovni je známo mnoho asociací mezi řasami a houbami i jinými heterotrofními organismy, či například lišejníky (z houbová a řasová či sinicové složky)



Interakce mezi mikroby

- pozitivní nebo negativní interakce
- „neutralismus“ je vzácný a možná i nemožný
- Alleeho princip (1949) v jedné populaci se mohou vyskytovat pozitivní i negativní interakce v závislosti na hustotě populace
- **pozitivní interakce zvyšuje rychlost růstu populace**
- + interakce převládá při nízké hustotě populace
- negativní interakce má opačný efekt
- - **interakce při vysoké hustotě populace**
- výsledkem je optimální hustota populace s maximální růstovou rychlostí

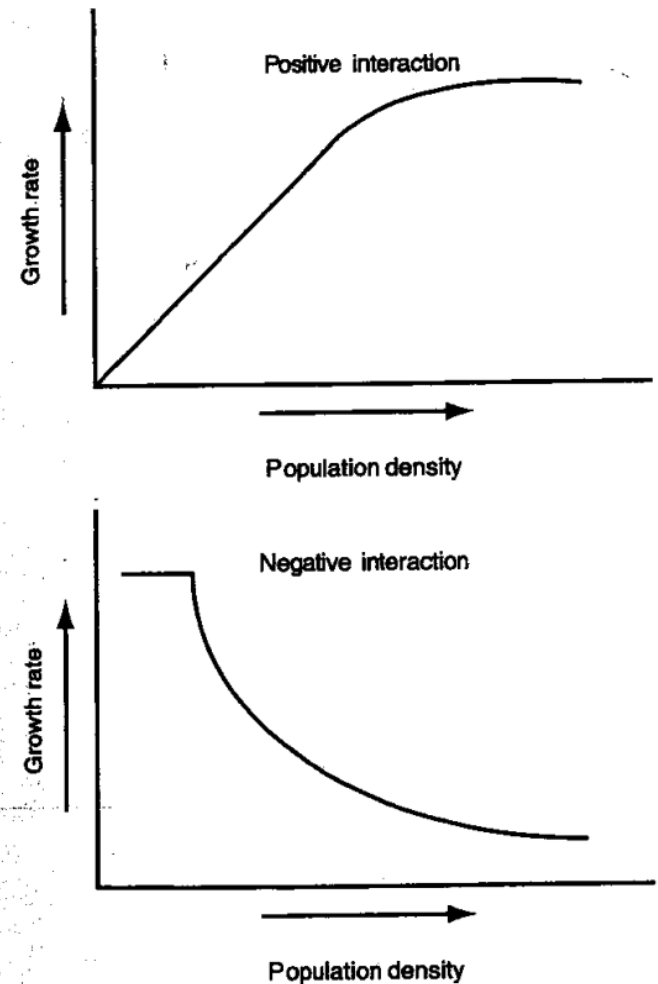


Figure 3.1

Effects of independent positive and negative interactions on growth rate within a single population with increasing population density.

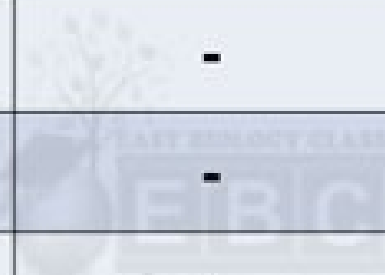
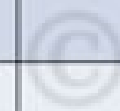
Pozitivní interakce

- lepší využití zdrojů a obsazení širšího prostředí
- „mutualism“ (symbióza)
- vytváří nový konkurenčně výhodnější organismus než jsou druhy sami o sobě
- kombinace fyzikálních a metabolických schopností zesilující růst a/nebo přežití, utlumení stresu

Negativní interakce (pozitivní dopad negativní interakce)

- seberegulační mechanismus omezující hustotu populací
- brání „přeplnění“ a destrukci prostředí a následnému vymření zúčastněných druhů

| Sl. No. | Interaction | Species A | Species B |
|-----------------------------|-------------|-------------------|-----------|
| <i>Positive Interaction</i> | 1 | Mutualism | + |
| | 2 | Commensalism | + |
| | 3 | Proto-cooperation | + |
| <i>Positive Interaction</i> | 4 | Ammensalism | 0 |
| | 5 | Parasitism | + |
| | 6 | Predation | + |
| | 7 | Cannibalism | + |
| | 8 | Competitions | - |



Pozitivní interakce

- založeny na spolupráci i na hustotě
- Např. při použití příliš malého inokula (u náročných organismů) se můžeme setkat s prodlouženou lag fází
- či kompletní absencí růstu při použití příliš malého inokula (u náročných organismů) – nekultivovatelné mikroorganismy
- min. infekční dávka patogenních mikroorganismů (Coxiella - Q horečka , Salmonella)
- spolupráce v populaci - semipermeabilní buněčná stěna – únik meziproduktů metabolismu nezbytných pro biosyntézu a růst
- zvýšená koncentrace těchto látek zabrání dalšímu úniku a umožní jejich zpětnou absorpci
- dostatečně velké inokulum - změni zpočátku nepříznivé podmínky prostředí (redox potenciál), pomůže i sterilní filtrát obohacovací kultury
- růst bakterií v koloniích – i pohyblivé rostou v koloniích (pohyb či rotace kolonií – účinnější využití zdrojů)

- význam pro využití nerozpustného substrátu (celulóza, lignin)
- extracelulární enzymy zpřístupní takový substrát pro všechny členy společenstva
- uvolňování esenciálních prvků z hornin (org. kyseliny)
- ochrana proti nepříznivým faktorům prostředí běžně za laboratorních podmínek má určitá koncentrace metabolického inhibitoru menší vliv na hustší suspenzi než na zředěnou
- biofilm o řád odolnější antimikr. činiteli - UV záření, snížení bodu mrznutí prostředí



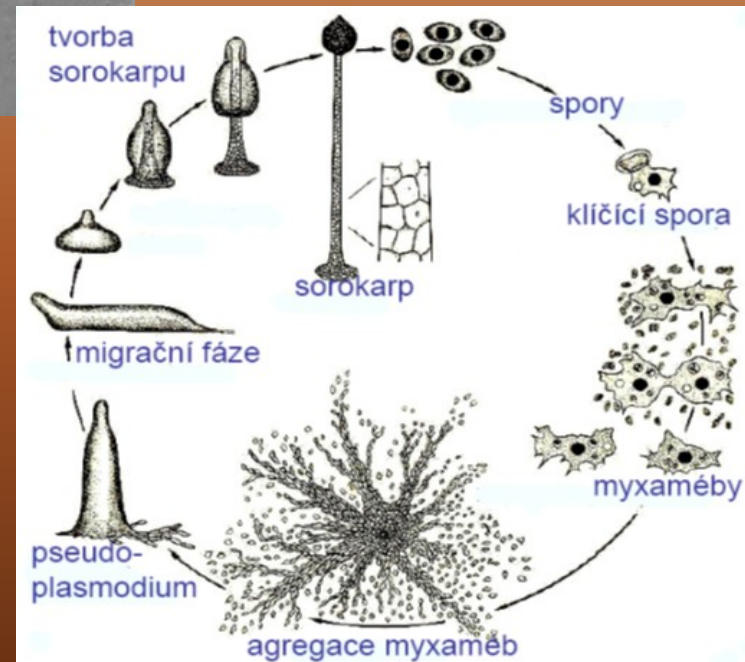
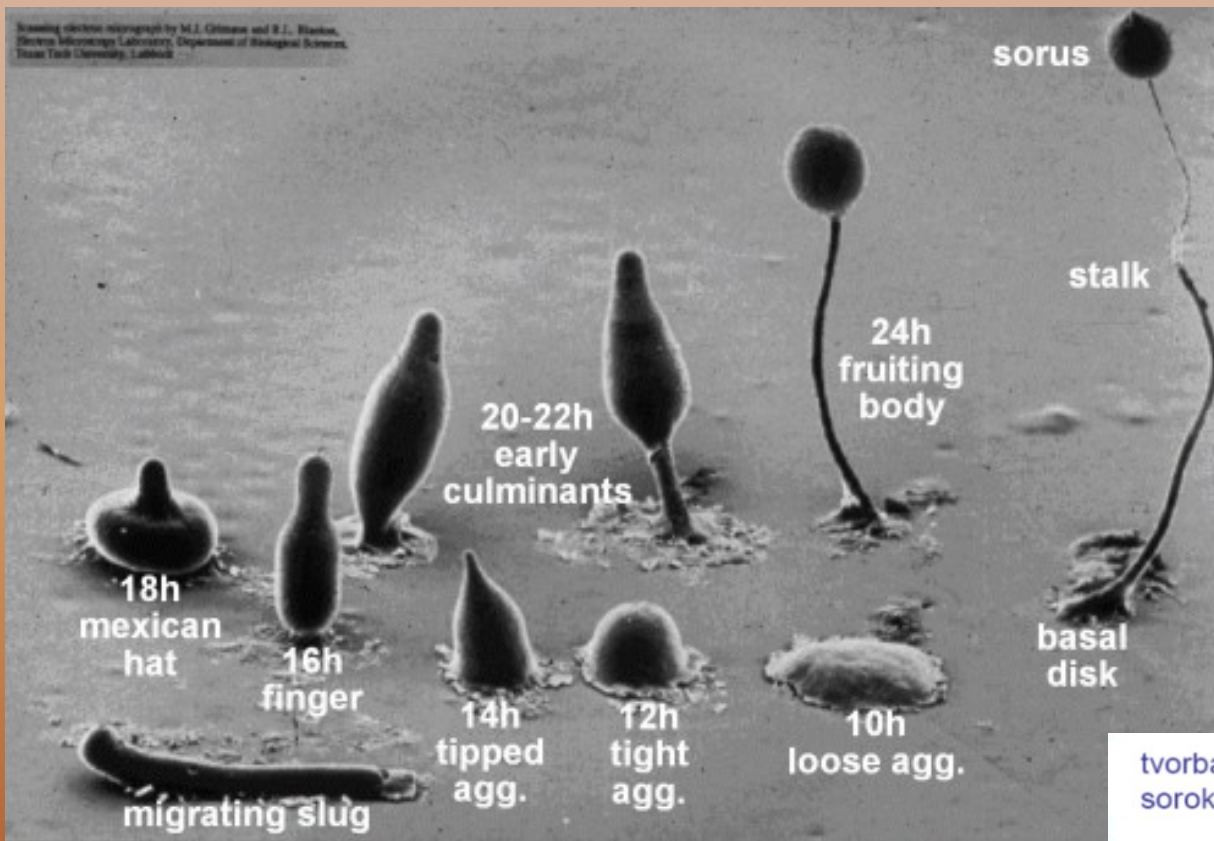
Př. hlenka *Dictyostelium*

- po vyčerpání zdrojů potravy se amoeboidní buňky shlukují do centrálního organismu (sorocarp)
- signálem je tvorba cyklického AMP (adenosin monofosfát)
- uvolnění spor a jejich disperze
- některé se dostanou do prostředí s dostatkem potravy
- vyklíčí a povedou amoebovitý život v půdě

Při nižší populační hustotě může pomoci agregace:

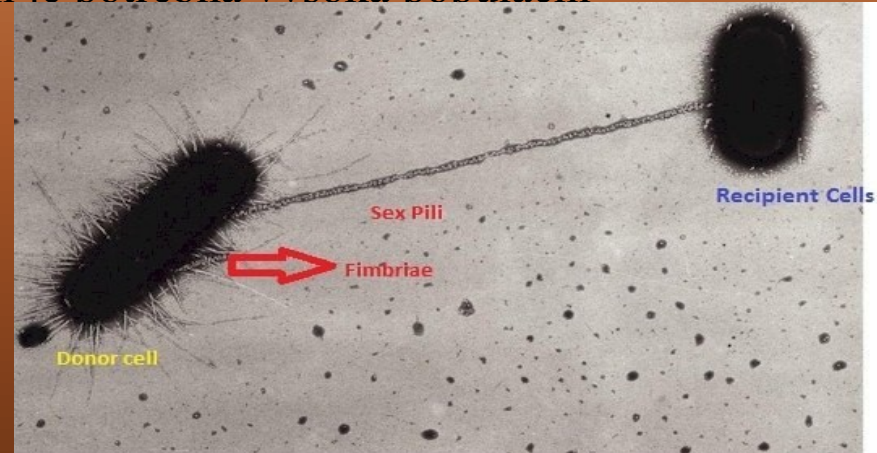
- recipientní buňky *Dictyostelium* produkují feromon
- indukuje buňky obsahující donorový plasmid
- produkce aglutininů a vytváření agregátů mezi buňkami za účelem výměny genů





Pozitivní interakce

- výměna genetické informace v populaci
- rezistence k antibiotikům, těžkým kovům; schopnost využití neobvyklé org. substráty
- mutace v 1 organismu může být přenesena do ostatních
- genetická výměna také zabrání přílišné specializaci v populaci
- mnoho způsobů genetické výměny (transformace, transdukce, konjugace, sexuální tvorba spor)
- i když jde o výměnu informace mezi 2 buňkami je potřebná vysoká populační hustota
- konjugace až od 10^5 /ml



Negativní interakce

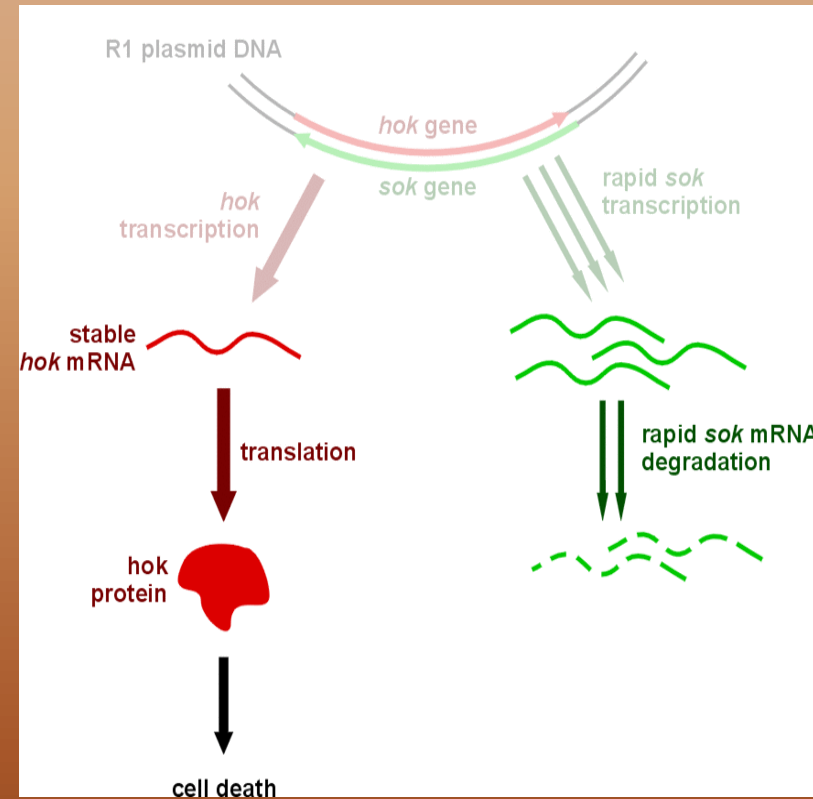
Kompetice

- **členové jedné populace využívají stejné živiny i prostředí**
- zvýšená hustota populace zvyšuje soutěžení o dostupné zdroje (živina, predátor-kořist, parazit-hostitel)
- infekce hostitelské buňky vylučuje další infekci této buňky jiným členem populace
- akumulace toxických látek
- mastné kyseliny, H₂S, etanol
- negativní zpětná vazba (zastavení růstu populace i ve vhodném substrátu)
- akumulace kys. mléčné a jiných mastných kyselin zastaví aktivitu laktobacilů, ethanol - kvasinky
- akumulace mastných kyselin zastaví degradaci uhlovodíků

Genet.základ negativní interakce - geny kódující peptidy nebo proteiny s letální funkcí

E. coli – na jednom plazmidu spolu:

- **hok** (host-killing) gen – produkt (peptid) poškozuje membránové proteiny – smrt buňky
- **sok** (suppression of killing) gen – kóduje antisense mRNA blokující expresi hok genu (produkt labilnější než hok)
- buňka ztratí plazmid – sok degradován, hok je stabilnější -smrt buňky
- plazmid – i další důležité geny – rezistence ...
- obrana proti ztrátě plazmidu důl. z dlouhodobého hlediska
- krátkodobě limituje hustotu populace (část usmrcena)



Existují i další mechanismy pro udržení plasmidů:

- geny pro restriktázy a geny pro metylaci
- restriktivní enzym je stabilnější než DNA metylázy
- hladověním indukovaná autolyza části populace zachrání zbývající buňky
- vzdušné mycélium a spóry u streptomycet a myxobakterií



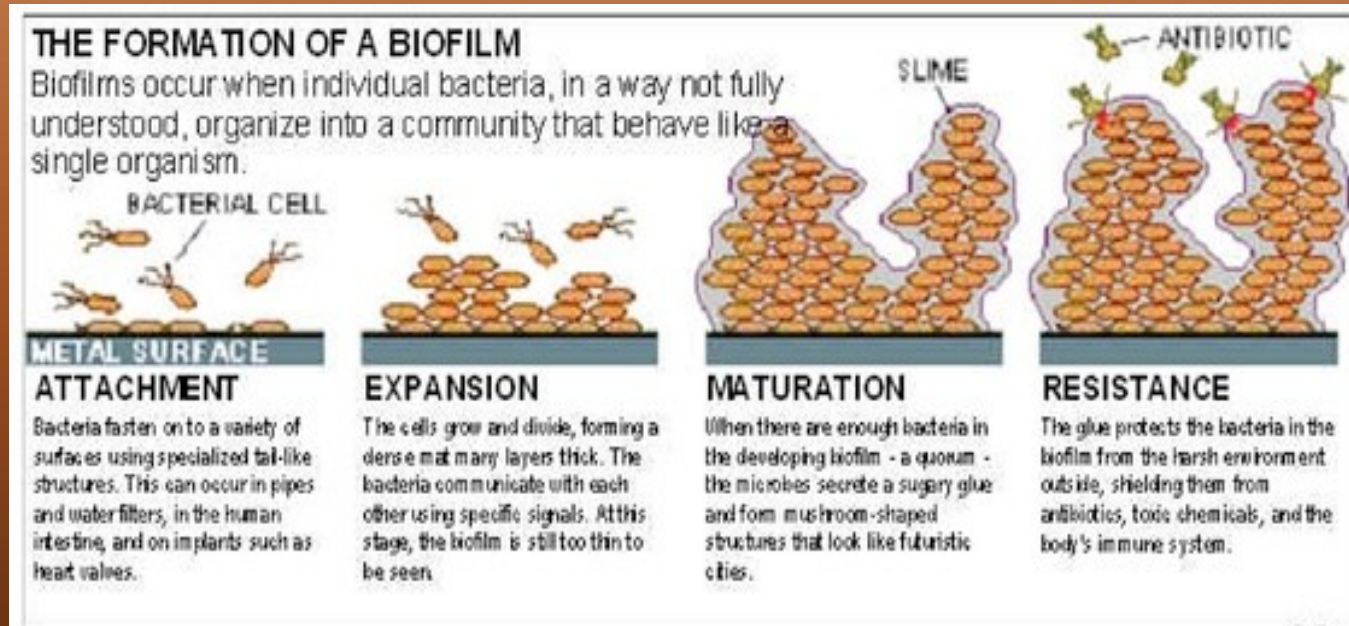
Rozvinutá bakteriální společenstva

- uplatňuje se víc interakcí zároveň
- pozitivní interakce pravděpodobnější než v novém společenstvu
- allochtoni se setkají s odporem autochtonní populace – negativní interakce
- akumulace kys. mléčné a jiných mastných kyselin zastaví aktivitu laktobacilů, ethanol - kvasinky
- akumulace mastných kyselin zastaví degradaci uhlovodíků

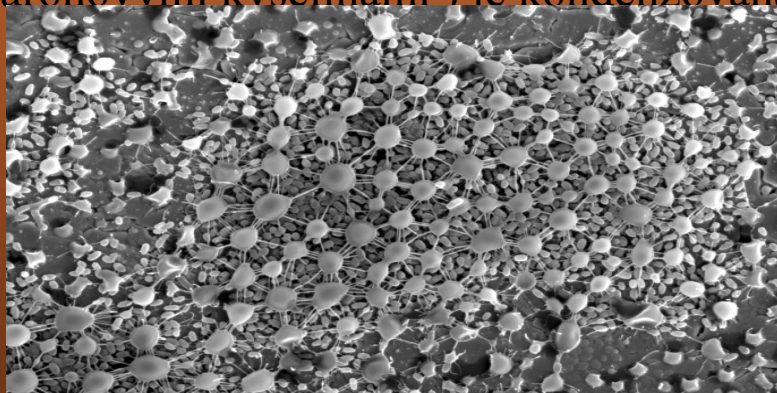


Biofilmy - kolonizace povrchů

- přisedání k povrchu - změna fenotypu (důsledek morfologické změny, změny v expresi genů)
- škála pozitivních a negativních interakcí
- populace v konstantním pohybu – sukcese populací
- reverzibilní přichycení buněk k povrchu částí povrchu buňky
- či bičíky za neustálého otáčení/pohybu buněk
- speciální systémy bičků k přichycení k různým povrchům
- vibria mají laterální bičíky k přichycení a disperzi ve vysoce viskózních prostředích a polární bičíky aktivní v méně viskózních prostředích
- ireverzibilní přichycení



- **specifické interakce mezi buňkami, které umožňují mikrobiálním populacím koexistovat v prostředích, kde by individuální populace existovat nemohly - kooperace mezi populacemi**
- **fyziologická spolupráce - hlavní faktor ve formování struktury a vznik prostorových vztahů - přichycení mikrobiální komunity k povrchu**
- **vytváření chemicky vhodných mikroprostředí**
- **prostorové uspořádání syntropických partnerů**
- **společenství je schopné metabolické aktivity nad rámec aktivit vykonávaných jednotlivými populacemi**
- odstraněna represe různých genů (adhezí k povrchu, podmínkami na povrchu, růstem v biofilmu)
- matrice biofilmu (polysacharidy s uronovými kyselinami) je kondenzovaná kolem mikrokolonií



- mikrobiální populace v biofilmu umožňuje udržet metabolická spolupráce
- živiny poskytovány sousedními buňkami a difuzí
- produkty jsou stejným způsobem odstraňovány
- **antagonismy jsou zmírňovány difúzními bariérami**
- primární kolonizátoři mohou fyzikálně zabránit kolonizaci dalšími organismy
- **biofilm vytváří a zachovává podmínky, které umožňují růst specifických populací, které by jinak nepřežily**
- chemické podmínky (pH, gradient O) umožňují přežití náročných organismů s jedinečnými metabolickými schopnostmi
- **obligátní anaerobní organismy mohou růst spolu s obligátně aerobními**
- Např. asociace řas s bakteriemi – řasy jsou zde místem přichycení i zdrojem živin pro heterotrofní bakterie, které využívají extracelulární produkty řas

Neutralismus

- žádná interakce mezi populacemi
- mezi populacemi s extrémně odlišnými metabolickými schopnostmi
- u populací vzdálených
- při nízké hustotě populace (jedna populace „necítí“ druhou)
- v oligotrofních mořských a jezerních populacích s malou hustotou
- v půdě a sedimentech (populace se nachází na oddělených mikrohabitátech)

- fyzická separace není nutně „neutralismus“ (infekce kořenů zahubí rostlinu a s ní populaci na listech rostliny)
- podmínky prostředí neumožňují aktivní růst populací (led)
- obě populace se nachází mimo své přirozené prostředí (ve vzduchu)
- mikroorganismy schopné degradovat odpočinková stádia jiných organismů



Komensalismus



| Sl. No. | Interaction | Species A | Species B |
|----------------------|---------------------|-----------|-----------|
| Positive Interaction | 1 Mutualism | + | + |
| | 2 Commensalism | + | 0 |
| | 3 Proto-cooperation | + | + |
| Negative Interaction | 4 Ammensalism | 0 | - |
| | 5 Parasitism | + | - |
| | 6 Predation | + | - |
| | 7 Cannibalism | + | - |
| | 8 Competitions | - | - |

• jedna populace získává, druhá je neovlivněna

- populace žije z odpadních metabolických produktů druhé
- obvykle nejde o obligátní vztah, hostitelská populace může být nahrazena jinou
- neovlivněná populace přizpůsobuje prostředí jiné populaci (fakultativní anaerob spotřebuje kyslík a vytvoří prostředí pro obligátního anaeroba)

• častá je produkce růstových faktorů (vitamíny, AK)

- př. *Flavobacterium brevis* vylučuje cystein, který využívá *Legionella pneumophila* ve vodném prostředí

• přeměna nerozpustných substrátů v rozpustné a plynné sloučeniny

- metan v sedimentech využit metan-oxidujícími pop. ve vodním sloupci nad nimi
- př. *Desulfovibrio* vytvoří acetát a vodík ze sulfátů a laktátu - anaerobní respirace a fermentace - a ty jsou využity *Methanobacterium* pro redukci CO₂ na metan)

• produkce kyselin uvolní substrát pro jiný organismus

- houby rozloží celulózu na glukózu a ta využita jinými mikroorganismy
- **remediace** - odstranění nebo neutralizaci toxické látky (odstranění H₂S, těžkých kovů)
- organismus sám o sobě poskytuje vhodné prostředí pro druhý
- někdy až synergismus – řasa neroste bez bakterie (lišejníky)

• časté v půdním prostředí



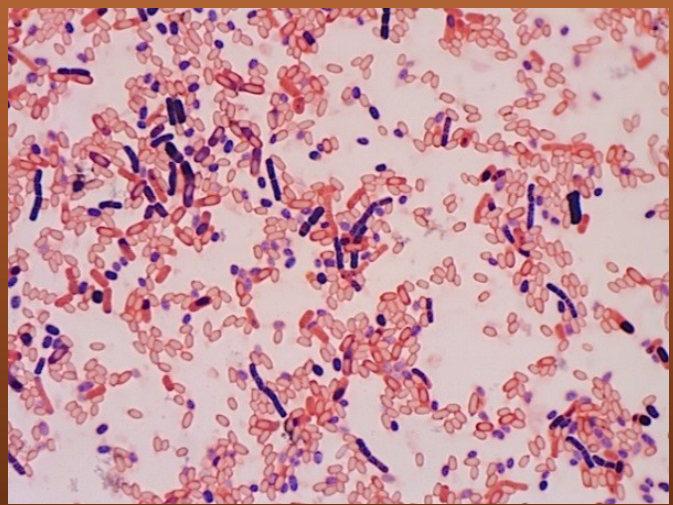
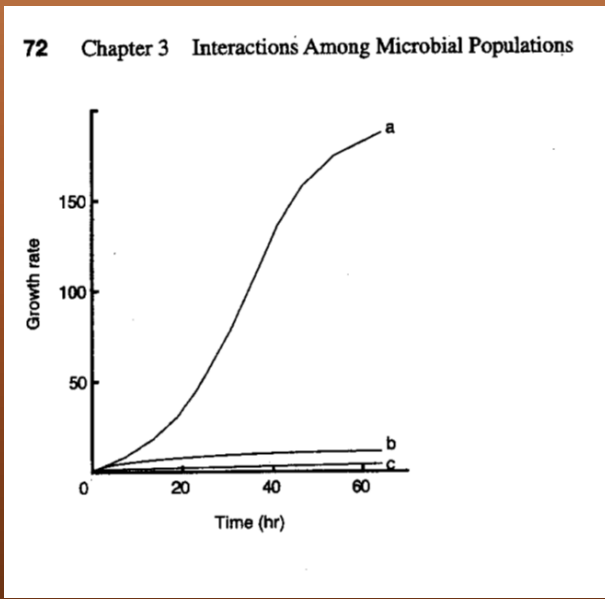
| Sl. No. | Interaction | Species A | Species B |
|----------------------|---------------------|-----------|-----------|
| Positive Interaction | 1 Mutualism | + | + |
| | 2 Commensalism | + | 0 |
| | 3 Proto-cooperation | + | + |
| Negative Interaction | 4 Ammensalism | 0 | - |
| | 5 Parasitism | + | - |
| | 6 Predation | + | - |
| | 7 Cannibalism | + | - |
| | 8 Competitions | - | - |

Synergismus (mutualismus)

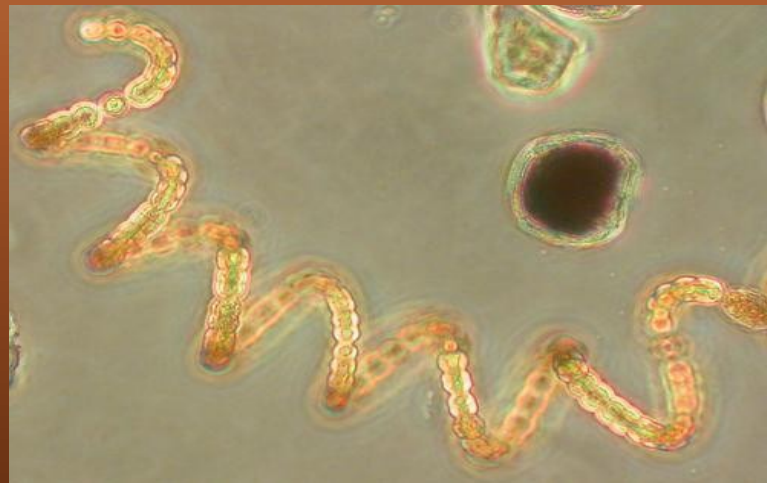
- obě populace těží ze vztahu
- vztah není obligátní
- obě populace přežijí samostatně, spolu získávají další výhody (doplnění metabolické dráhy)
- často založené na schopnosti jedné populace zásobovat populaci druhou nějakým růstovým faktorem
- v minimálním médiu *Lactobacillus arabinosus* a *Enterococcus faecalis* porostou jen dohromady (*E. faecalis* vyžaduje kyselinu listovou, kterou produkuje *Lactobacillus* a ten zase potřebuje fenylalanin , který produkuje *Enterococcus*)

Př. růst *E. faecalis* a *L. arabinosus* v médiu bez kyseliny listové a fenylalaninu:

- a) kombinovaná kultura
- b) *E. faecalis*
- c) *L. arabinosus*

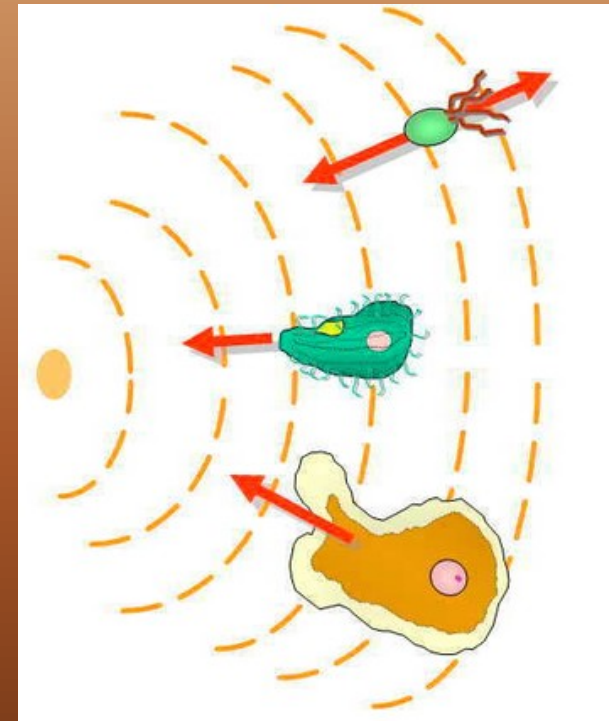
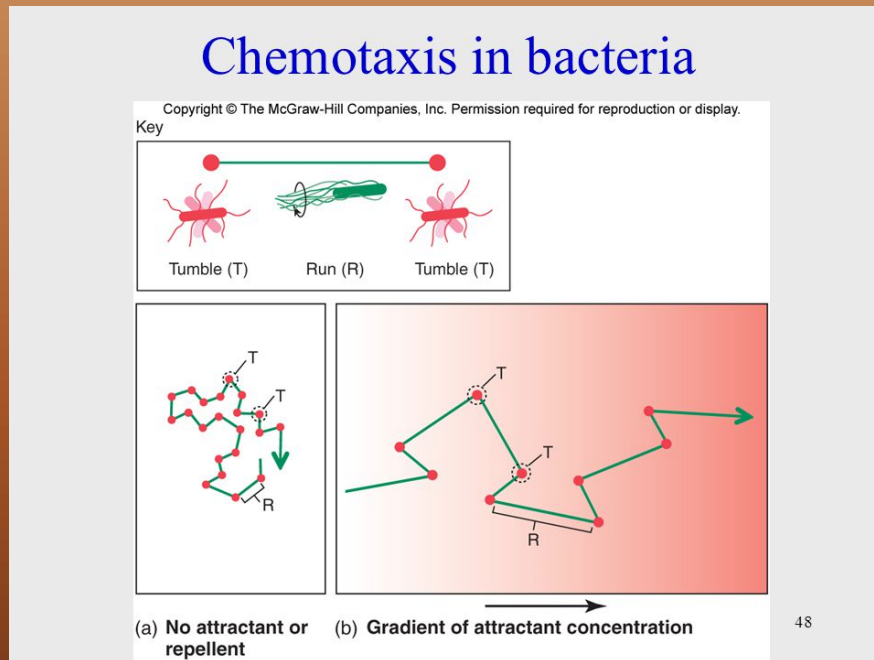


- *Př. Chlorobium* za přítomnosti světla fixuje CO₂ a oxiduje sirovodík a produkuje organické látky
- *Spirillum* za přítomnosti elementární síry a HCOO⁻ (format) produkuje sirovodík a CO₂
- dohromady se doplňují
- detoxikace sirovodíku (zabil by *Spirillum*)
- podobné příklady mezi bakteriemi v cyklu dusíku
- heterotrofní pseudomonády jsou chemotaxí přitahovány k organickým exkretům heterocytů *Anabaena spiroides*, které oxidují
- vytvoří husté agregáty kolem heterocyty a stimulují nitrogenázovou aktivitu (snížením tenze kyslíku?)

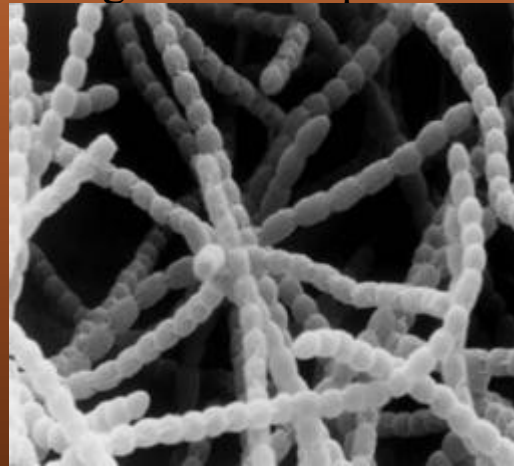
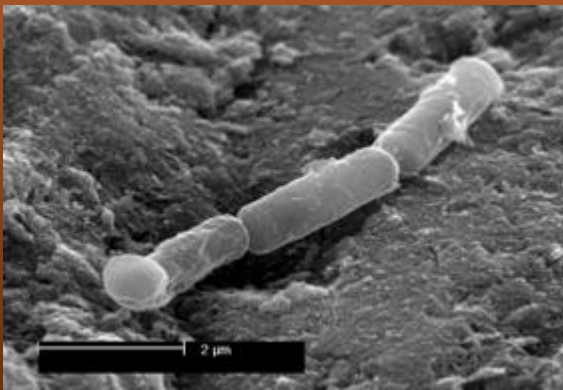


Chemotaxe důležitá i pro asociaci řas a bakterií ve vodním prostředí

- sinice i řasy produkují organické sloučeniny, které přitahují bakterie
- bakterie pak produkují vitamíny využívané řasami
- vztah může být i specifický
- řasa využívá světlo a produkuje org. l. a kyslík, které jsou využívány aerobními heterotrofy
- bakterie zásobují řasu oxidem uhličitým a někdy růstovými látkami (a zlepšují růst řasy odstraněním kyslíku)



- někdy schopnost jedné populace urychlit růst jiné populace
- některé druhy *Pseudomonas* rostou na orcinolu, ale vykazují k němu vyšší afinitu a rychlejší růst za přítomnosti jiných bakterií
- tyto nerostou na orcinolu, ale využívají jiné organické látky produkované *Pseudomonas*
- populace dohromady schopné produkovat enzymy, které by odděleně neprodukovaly - příbuzné rody *Pseudomonas* rostou-li dohromady produkují enzym lecithinasa - štěpí lecitin
- podobně produkce celuláz u jiných bakterií
- degradace zemědělských pesticidů (*Arthrobacter* a *Streptomyces* dohromady degradují organofosfát diazinon, společná degradace organofosfátu parathion *Pseudomonas stutzeri* a *P. aeruginosa*)



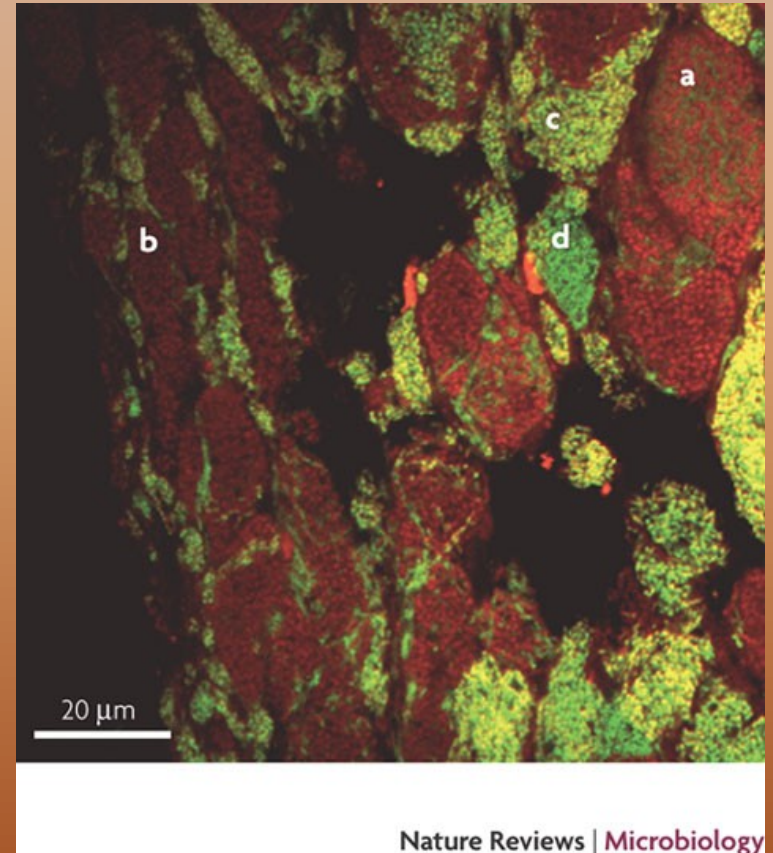
Penicillium piscarium vs. *Geotrichum candidum*

- organismus detoxikuje metabolity produkované při degradaci herbicidu jiným organismem, který však sám o sobě neumí degradovat
- *Penicillium piscarium* degraduje herbicid propanil na kyselinu propionovou a 3,4 dichloranilin
- k. propionová je dále využita jako zdroj C a energie
- ale *Penicillium* neumí degradovat tox. dichloranilin
- degradován houbou *Geotrichum candidum*, která neumí degradovat původní herbicid
- za nepřítomnosti herbicidu obě houby spolu soutěží o stejné substráty



Synergický (mutualistický) vztah metanogenů s bakteriemi

- bakterie (*Syntrophomonas*) oxiduje organické kyseliny na acetáty a H₂ (CO₂)
- acetát a H₂ (toxický pro bakterii) je využit archea k produkci metanu
- jeden organismus bez druhého to neumí
- 1941 izolován *Methanobacterium omelianski*
- po 26 letech (Bryant, 1967) se zjistilo, že jde o směsnou kulturu *M. bryantii* a „S“ organismu, později identifikovaného spolu s dalšími syntropickými fermentátory jako archea *Syntrophomonas* a *Syntrophobacterium*



Syntrophic communities of bacteria and archaea in a sludge granule

Syntrofické vztahy usnadňovány agregací bakterií (ve vločkách)

- př. *Desulfovibrio vulgaris* ethanol konvertuje na acetát
- zároveň bikarbonát na formát (HCOO^-)
- *Methanobacterium formicicum* využije formát, produkuje metan
- *Methanosarcina barkeri* přemění acetát na metan a CO_2
- anaerobní trávení syrovátky -laktát a ethanol přeměněn na methan

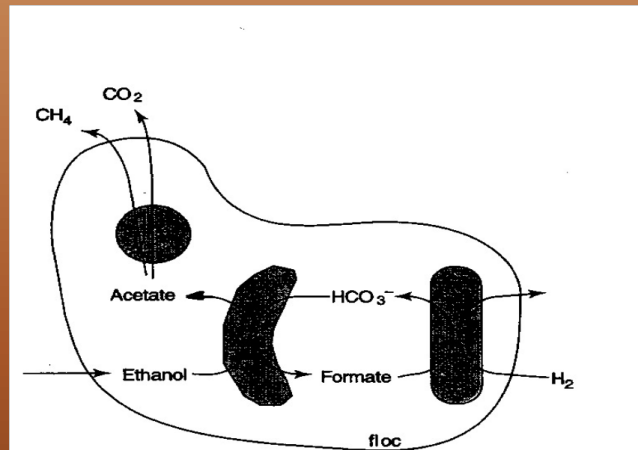


Figure 3.18

Model of a three-membered syntrophic association involved in the anaerobic digestion of a whey effluent to methane and carbon dioxide. Within the floc, *Desulfovibrio vulgaris* (DV) converts ethanol to acetate, coupled to the reduction of bicarbonate to formate. The formate is transferred to *Methanobacterium formicicum* (MF), which releases methane. The acetate generated during ethanol oxidation is metabolized by an acetoclastic methanogen, such as *Methanosarcina barkeri* (MB), to methane and carbon dioxide. (Source: Thiele and Zeikus 1988.)

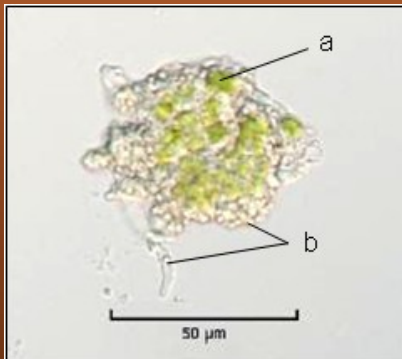
Mutualismus (symbióza)

- **obligatní vztah** mezi dvěma populacemi, kde **obě mají z něj prospěch**
- specifický vztah – jeden organismus nemůže být nahrazen jiným
- vyžaduje těsný kontakt obou populací a umožňuje jim přežít v prostředí, kde by jedna bez druhé nemohla žít (mutualism x symbióza - volnější) – jinde přežijí
- obě populace pak vystupují jako jeden organismus



Lišejníky

- primární producent (fykobiont) a konzument (mykobiont)
- fykobiont poutá sluneční energii a produkuje org. látky
- mykobiont využívá org. látky a poskytuje ochranu a transport minerálních živin (případně růstové faktory)
- fykobiont sinice (*Chlorophycophyta*, *Nostoc*, *Xanthophycophyta*), zelené řasy (*Trebouxia*)
- mykobiont – ascomycetes, basidiomycetes, zygomycetes
- spolu vytváří primitivní tkáň
- jistá specificita partnerů, ale i záměny, dokonce lišejníky s více fykobionty nebo mykobionty
- množí se „sporami“ - buňky řasy obalené myceliem



- **kontrolovaný parazitismus** - řasa si vyvinula určitou rezistenci k parazitní houbě

- rezistence k extrémům – sucho a teplo

- možná fixace dusíku - v tundře lišejník *Peltigera* obsahuje sinici *Nostoc*

(koruny stromů – vymývání dešti)

- lišejníky citlivé k průmyslovým exhalacím – SO₂ snižuje fotosyntézu fykobionta a houba

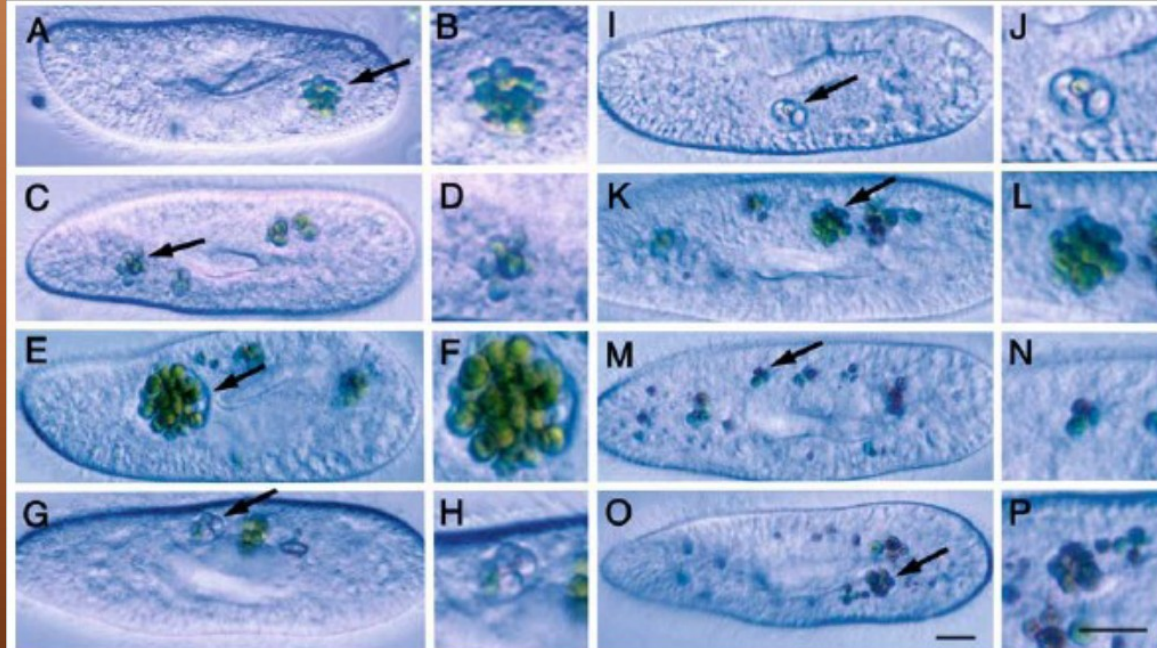
jej přeroste, zahubí a sama pak také zahyne

(tzv. Indikátorové druhy znečištění ŽP)



Endosymbionti prvoků

- *Paramecium* může v cytoplasmě hostit více buněk (50-100) řasy *Chlorella*
- řasa poskytuje organický uhlík a kyslík
- prvok jí poskytuje ochranu, pohyb, CO₂ a možná růstové faktory
- prvok se může dostat i do anaerobního prostředí, kde je však světlo
- ve stresové situaci (déle bez světla) může prvok strávit řasu



Vztahy mezi mikrobi – příklady **mutualismus**

- bičíkatí prvoci obývající bachor přežvýkavců mají symbiotické metanogeny (*Methanobacterium*, *Methanocorpusculum*, *Methanoplanus*) – liší se od volně žijících metanogenů
- endosymbionti zřejmě mohou využívat molekulární vodík produkovaný hostitelem, morfologická interakce mezi hostitelem a endosymbiontem umožňující výměnu látek

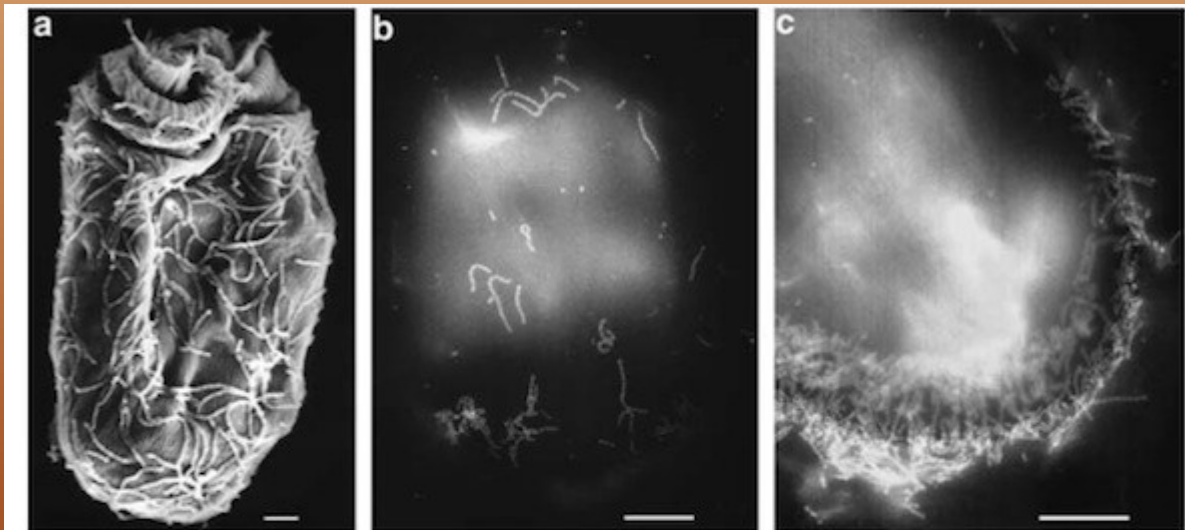
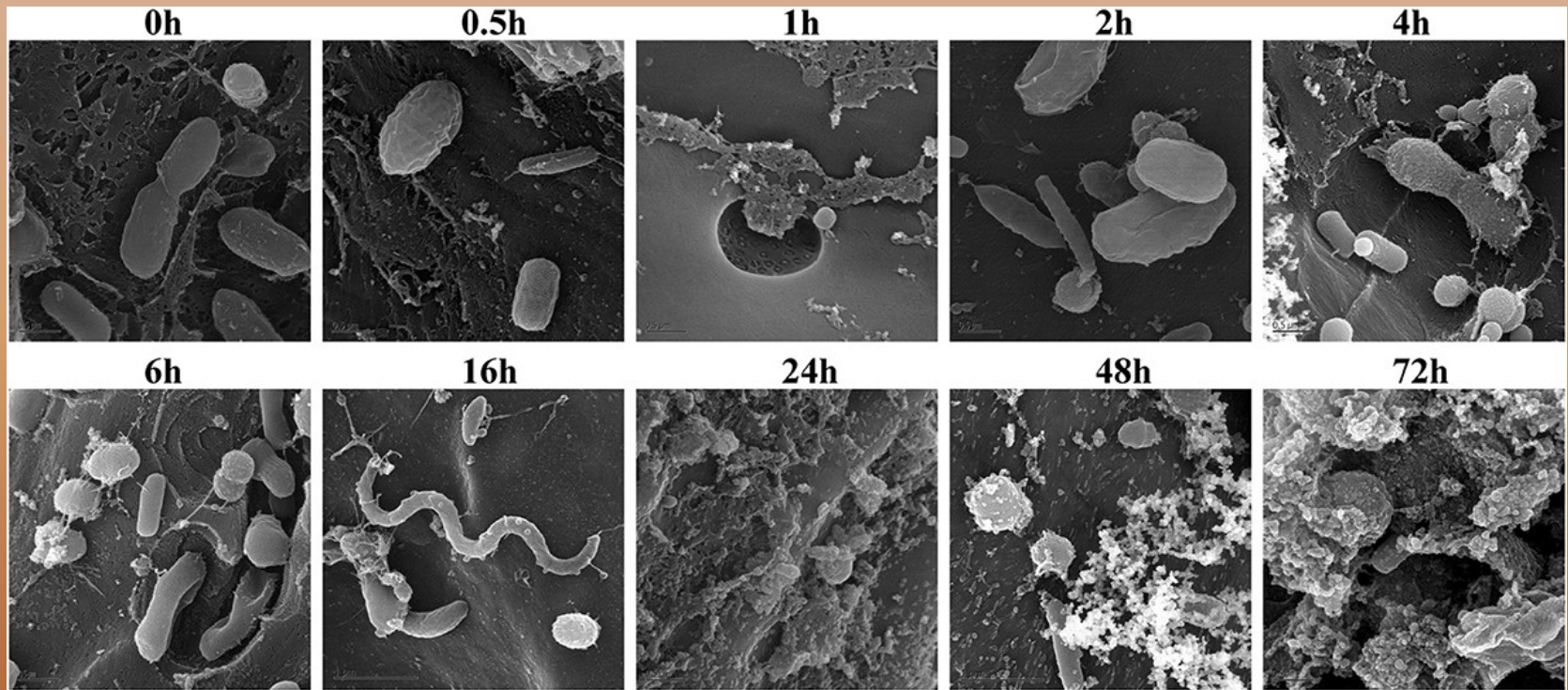


Fig. 15.1 (a) Rumen ciliate with attached chains of methanogenic bacteria; scanning electron microscopy (SEM). Bar: 10 μm . (Courtesy of Eugene B. Small, Maryland, USA). (b) and (c) Methanogenic bacteria showing autofluorescence under UV irradiation attached to a rumen ciliate cell from a well-fed sheep (b, few methanogens) and from a hungry sheep under unfavorable conditions (c, numerous methanogens), Bars (b) and (c): 20 μm . (Courtesy of Claudius K. Stumm, Nijmegen, Netherlands)



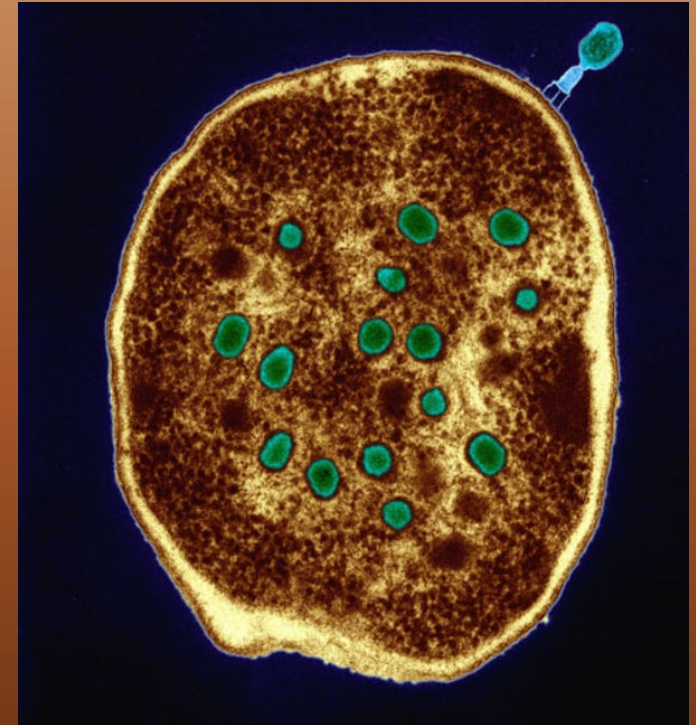
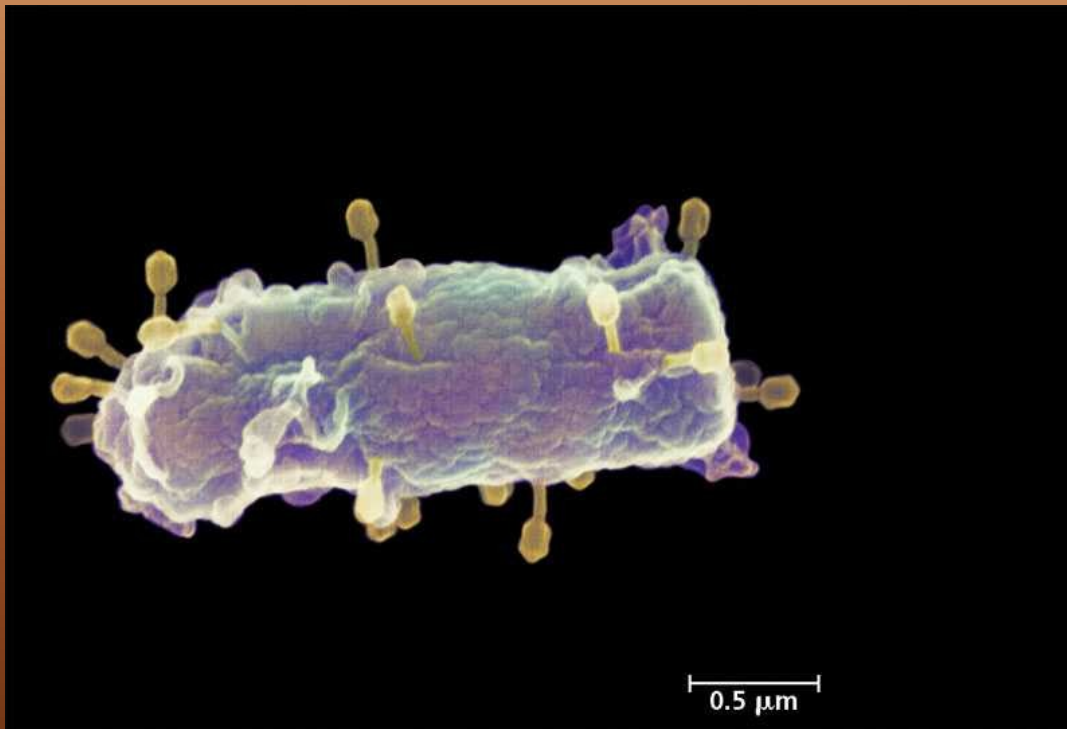
Principal coordinates analysis comparing the temporal dynamics of switchgrass-associated microbiota indicated that the community associated with the air-dried switchgrass sample (0 h) was distinct from the microbiomes of all rumen-incubated samples. After 30 min of rumen incubation the switchgrass-associated microbiota exhibited clearly noticeable changes: for example, members of the *Archaea*, which were essentially absent in the non-incubated microbiome, were detected in all rumen-incubated samples.

Mutualismus – fág vs. bakterie

- lyzogenie – virus napadl buňku a integroval se do jejího vlastního genomu jako provirus, jeho replikace množení někdy způsobí rozpad buňky

<https://www.youtube.com/watch?v=sLkZ9FPHJGM>

- bakterie zajistí dlouhodobé přežití fága
- fágová DNA přidává novou genetickou informaci a schopnosti bakteriální populaci (bakterie někdy virulentnější nebo produkují nové enzymy)
- možnost přenosu bakteriální DNA transdukcí



<https://www.youtube.com/watch?v=V73nEGXUeBY>

Amenzalizmus

- jeden ze symbiontů (inhibitor) svými metabolity brzdí růst a rozmnožování druhého symbionta (amenzála)
- získává prostor, potravní zdroje apod
- komplexní amenzalizmu - virucidní faktory v mořské vodě
- fungistatické faktory v půdě
- štětičkovec (*Penicillium*) a bakterie



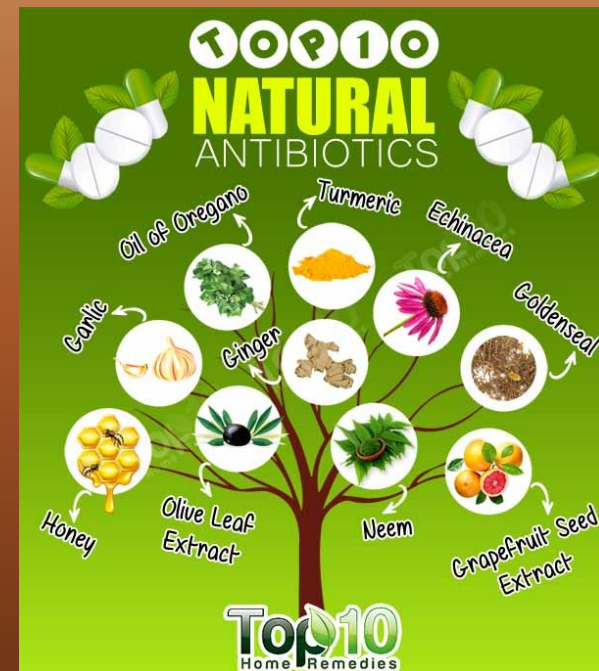
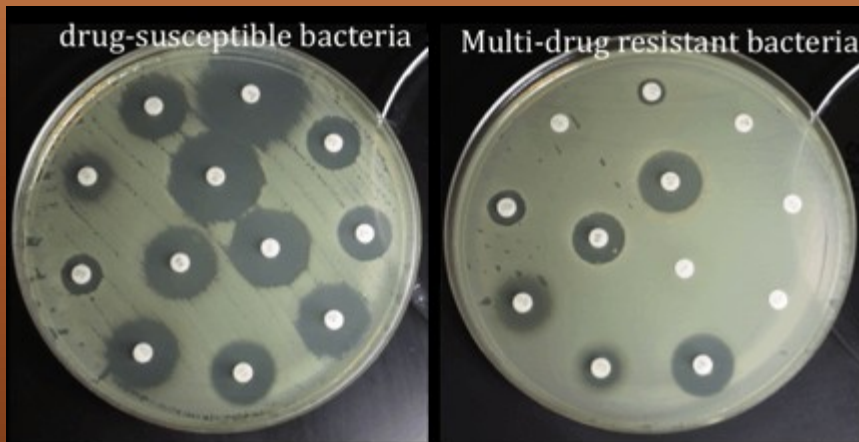
| Sl. No. | Interaction | Species A | Species B |
|-----------------------------|-------------|-------------------|-----------|
| <i>Positive Interaction</i> | 1 | Mutualism | + |
| | 2 | Commensalism | + |
| | 3 | Proto-cooperation | + |
| <i>Positive Interaction</i> | 4 | Ammensalism | 0 |
| | 5 | Parasitism | + |
| | 6 | Predation | + |
| | 7 | Cannibalism | + |
| | 8 | Competitions | - |



Amenzalizmus – příklady

Produkce antibiotik – role v přirozeném prostředí stále nejasná

- podmínky podporující tvorbu antibiotik nejsou časté v přirozeném prostředí (potřebují přebytek substrátu)
- ve vodním prostředí rychle vyředěna
- v půdním prostředí sorbována na jílové minerály
- producenti antibiotik nejsou dominantní v akvatických habitatech, rezistentních kmenů v půdě není mnoho i když tu jsou producenti
- význam ve speciálních „mikroprostředích“ - zvýšená koncentrace živin (zymogenní mikroorganismy na organické hmotě v půdě mohou produkovat antibiotika a získat tak výhodu)



Bakteriociny

- podobné antibiotikům, ale účinné jen na velmi příbuzné druhy
- destabilizují membránu (naruší její funkce) ... možná důležitější než antibiotika – vítězí nad pravděpodobnými kompetitory
- bakteriociny detekovány i u G+ - laktobakterie – nisin – uvažovalo se o jeho použití k prodloužení trvanlivosti některých mléčných výrobků

Koliciny

- produkované mikroorganismy čeledi *Enterobacteriaceae*
- genetická informace o produkci kolicinů je nesena Col plasmidy
- antibiotický účinek



Amenzalismus

- produkce kyseliny mléčné nebo nízkomolekulárních mastných kyselin
- *E. coli* neporoste v bachoru pravděpodobně díky přítomnosti těkavých mastných kyselin (anaerobové)
- mastné kyseliny produkované mikroby na povrchu kůže zabrání kolonizaci jinými mikroby (kvasinky)
- kyseliny ve vagíně brání rozvoji patogenů (*C. albicans*)
- kyseliny produkované *Thiobacillus thiooxidans* zabrání růstu jiných bakterií ve vodách z dolů
- podobně produkce nebo spotřeba kyslíku, amoniaku
- produkce ethanolu kvasinkami



Novozélandský ježek

- na kůži houbu *Trichophyton mentagrophytes* produkující penicilín
- *Staphylococcus* žijící ve stejném prostředí je rezistentní na penicilín
- produkce penicilínu umožní *Trichophyton* vstoupit do amensalistického vztahu s nerezistentními populacemi, které by chtěly kolonizovat stejné prostředí – tedy kůži ježka
- rezistentní stafylokokus zde poroste – koevoluce koexistujících mikrobiálních populací *Trichophyton*



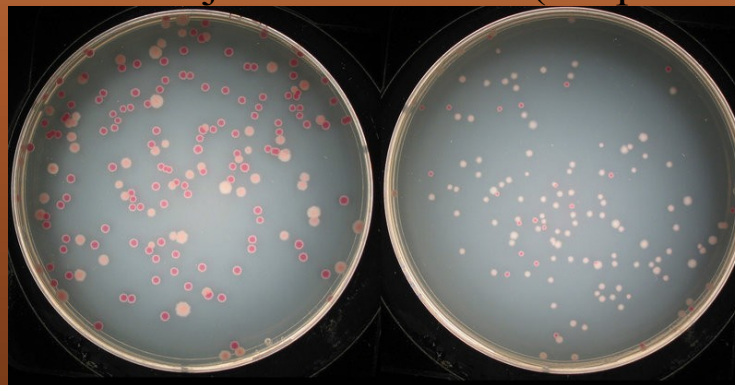
Computer illustration of *Trichophyton mentagrophytes*, the cause of athlete's foot (tinea pedis) and scalp ringworm (tinea capitis). Both of these contagious skin infections are spread by the fungus's spores (red)

Kompetice

- **dvě populace se nepřátelsky ovlivňují**
- dosahují nižší hustoty populace nebo růstové rychlosti
- používají stejné zdroje (prostor nebo limitující prvek)

- princip kompetického vyloučení – dvě populace nebudou sdílet jeden prostor, protože jedna vyhraje soutěž a eliminuje druhou populaci
- *Paramecium caudatum* a *P. aurelia* porostou dobře zvlášť,
- dohromady ale *P. aurelia* potlačí *P. caudatum* - žádný útok nebo toxiny; *P. aurelia* roste rychleji a potlačí *P. caudatum* (vyžere potravu)

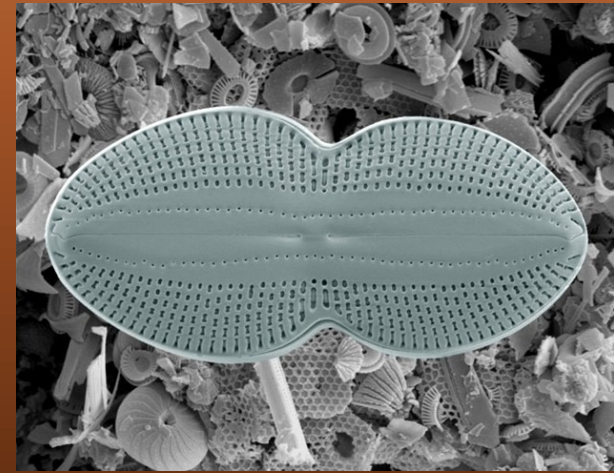
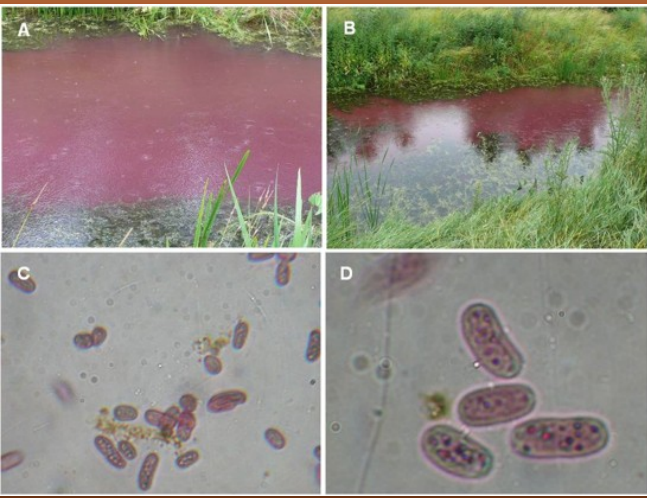
- dvě populace přežijí pouze pokud budou používat jiné zdroje v jiném čase
- směsná kultura *Paramecium caudatum* a *P. bursaria* může dosáhnout rovnováhy i když používají stejné živiny, ale využívají jiný prostor v kultivační nádobě - tím se minimalizuje kompetice a zabrání se extinkci jednoho z druhů (viz paradox of plankton)



The plate on the left contains about equal numbers of colonies of two different bacteria. After the bacteria compete and evolve, the lighter ones have taken the lead in the plate on the right

Kompetice

- purpurové sirmé bakterie - efekt střídání délky osvětlení
- *Chromatium vinosum* při stálém světle a přítomnosti sulfidu eliminuje *C. weissei*
- při přerušovaném osvětlení porostou obě
- 2 rozsivky přežijí vedle sebe jen tehdy, když každá bude mít jiný limitující faktor (fosfát a silikát)
- pokud ne – kompetitivní vyloučení
- záleží na koncentraci substrátu (vysoká koncentrace substrátu – *E.coli* vytlačí *Spirillum* - nízká koncentrace – *E. coli* je potlačena)
- stres může změnit výsledek kompetice – vyhraje odolnější (jde spíš o situaci, kdy jde o přežití v době zastaveného růstu)



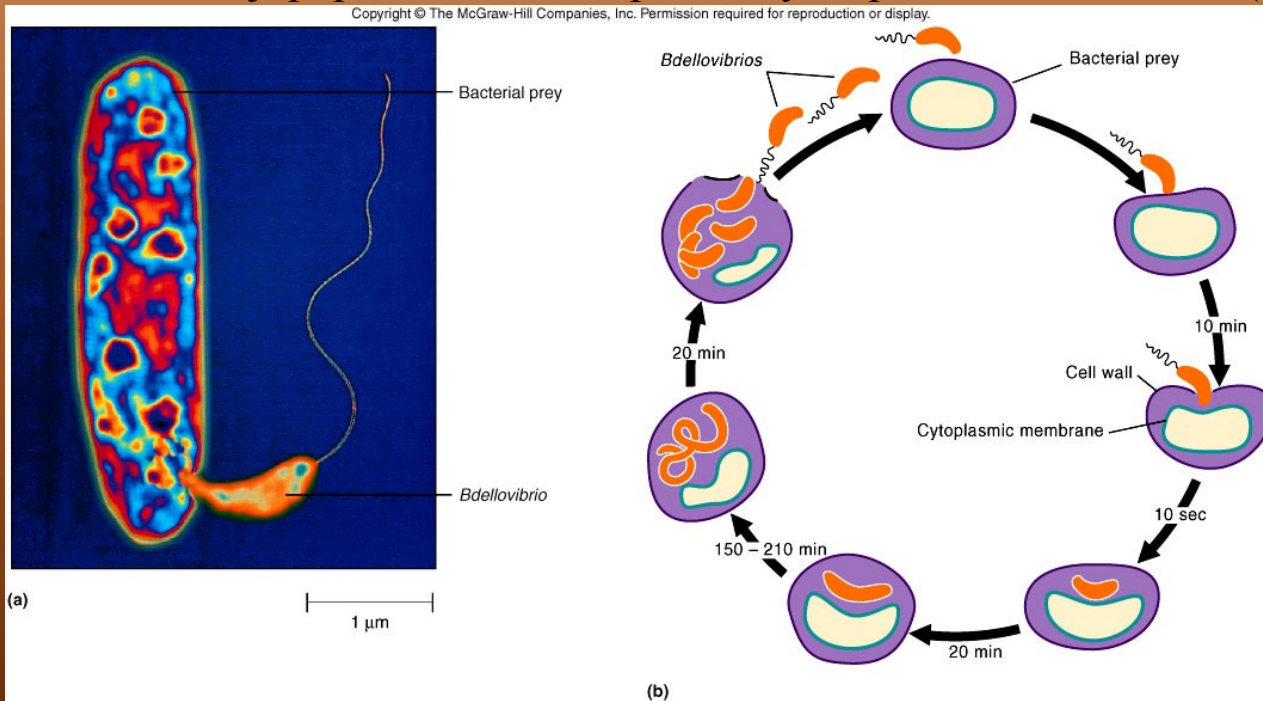
Parazitismus

- parazit získává živiny z hostitele, který je tím poškozován
- ektoparasitismus – vně hostitele
- endoparasitismus – vnikají do hostitele
- vztah hostitel-parazit obvykle specifický
- viry jsou obligátní intracelulární parazité s vysokou hostitelskou specificitou; mohou zcela eliminovat populaci hostitele.
- bakteriofágy – životní cyklus (za 20 minut po infekci lyze b.)
- modifikace prostředí – vazba bakterií a/nebo fágů na jílové částice – ochrana bakterií před fágy

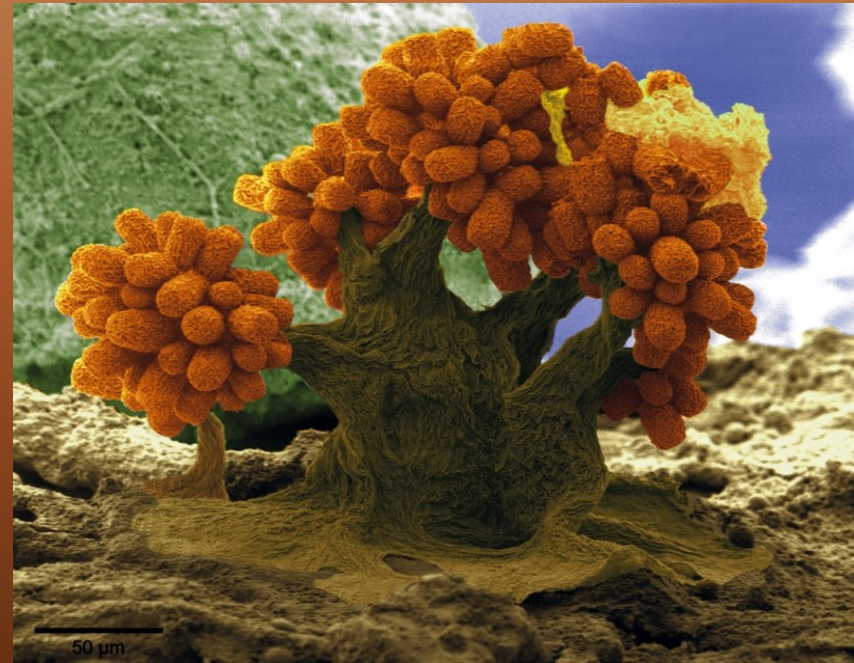


Parazitické *Bdellovibrio*

- je vysoce pohyblivé (100 buněčných délek za vteřinu, *E. coli* jen 10 délek), napadá jiné G-bakterie
- setkání náhodné (žádná chemotaxe) - jen malé procento skončí permanentním spojením
- *Bdellovibrio* zůstává v periplazmatickém prostoru, modifikuje buněčné obaly hostitele - drží buněčný obsah pro parazita – trvá cca 1 hod
- *Bdellovibrio* ztratí bičíky a vyroste ve vlákna, ale nedělí se
- po vyčerpání hostitele - dělení filamentů parazita – buňky s bičíky
- výnos buněk - 4 v *E. coli*, 20 ve *Spirillum serpens*
- *Bdellovibrio* - obligátní parazit, má ale celý set katabolických, anabolických a energii generujících genů/enzymů
- v laboratoři zcela zlikvidují populaci *E. coli*, v přirozených podmínkách nikoliv (ochrana jílem)



- některé bakterie mohou způsobit lyzi i bez přímého kontaktu, exoenzymy
- myxobakterie lyzují G+ i G- půdní bakterie i vzdálené a využijí materiál uvolněný lyzí
- *Cytophaga* (G-) - lyze citlivých řas
- produkce bakter. chitináz – degradace buněčné stěny hub
- odolnost bakt. populace vůči lyzi může být specifická
- produkce spor, cyst – odolnější ataku, ochrana populace před eradikací parazitem
- na prvocích parazitují mnohé houby, bakterie a i jiní prvoci
- *Legionella pneumophila* parazituje na prvocích – prvoci pomáhají jejich přežití i rozšíření
- někdy obtížné rozlišit mezi endoparazitismem a mutualismem
- endoparazit přežívá po delší dobu v hostiteli



Hyperparasitismus

- *Bdellovibrio* parazitující na jiných bakteriích může mít temperovaného fága
- houby parazitující na řasách mohou mít bakteriální nebo virové parazity
- *Pythium oligandrum*

Užitečnost parazitismu

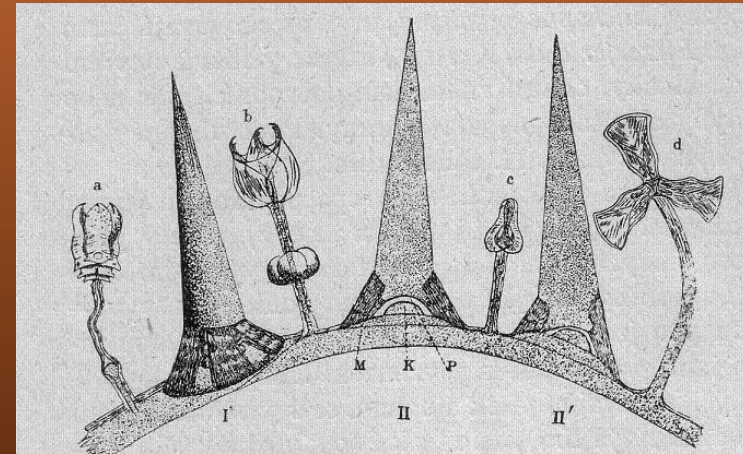
- kontrola populace – parazitu se daří jen na husté populaci
- snížením její hustoty umožní obnovu zdrojů v životním prostředí, které jsou využívány hostitelem
- snížením hustoty hostitele se sníží i populace parazita, obě ale přežijí
- jde o několikanásobnou zpětnou vazbu bránící zániku všech zúčastněných populací



Rosolovka průsvitná parazituje na pevníku krvavějícím

Predátorství

- predátor, pohltí a stráví jiný organismus, kořist (někdy splývá s parazitismem – *Bdellovibrio...*).
- predátor je větší než kořist
- cyklické fluktuace v populacích predátora i kořisti ???
- exp. pro 2 populace neprokázáno - predátor napřed zlikvidoval kořist a pak sám vyhladověl...
- faktory - saturační kinetika a možný úkryt kořisti
- predátor zničí pár jedinců, ale populace kořisti těží z urychleného cyklu živin (dynamický růst)
- diverzita skutečného životního prostředí – kořist nachází úkryty – soužití a oscilace populací
- význam montmorilonitu a fyzikálních struktur v půdě
- predátoři z řad prvoků i 10 000x větší než bakterie, které konzumují (filtrací)
- ta se zastaví, když v prostředí jen $10^{5/ml}$ bakterií a filtrace je energeticky nevýhodná
- bakteriální populace regeneruje
- bakteriální spory rezistentnější predaci
- někteří prvoci mají dvě formy
s a bez ostnů – obrana proti větším prvokům



DĚKUJI ZA POZORNOST

